

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE UN CULTIVO DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) SOBRE
LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN

Tesis

Que presenta MARIANA BARRAGÁN ARRAÑAGA
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

EFFECTO DE UN CULTIVO DE LEVADURA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE
EN VACAS HOSLTEIN

Tesis

Elaborada por MARIANA BARRAGÁN ARRAÑAGA como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

Dr. Óscar Ángel García
Asesor Principal

Dr. Ramón Alfredo Delgado González
Asesor

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Asesor

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefa del Departamento de Postgrado

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por siempre guiarme y estar conmigo en cada decisión y permitirme culminar esta bonita etapa de la vida.

A MIS ASESORES

Por el apoyo durante todo el proceso de maestría, siempre sentí su respaldo y agradezco que me compartan sus conocimientos científicos, admiro su labor, pasión y entrega para forjar mejores profesionistas.

A LA EMPRESA CELTIC HOLLAND

Por permitirme colaborar con ustedes, una empresa grande y noble que confió en mi para la realización de este proyecto de investigación.

AL CONACYT

Por la beca obtenida durante todo el transcurso del posgrado.

DEDICATORIA

A mis padres Mariano Barragán y María Elena Arrañaga, por su amor y por qué sé que su apoyo es siempre incondicional conmigo, por impulsarme a terminar esta etapa de mi vida profesional, brindarme la educación y forjarme a ser mejor cada día.

A mis hermanas Marlene y Marielena, por el apoyo y cariño, que junto con mis sobrinos que son parte de mi alegría.

A Antonio Dávila González por siempre creer en mí, ayudarme y motivarme a ser una buena profesionista y persona.

A mis compañeros de maestría, por su apoyo y amistad, en especial a Andres Jr Rodríguez Sánchez.

A todas aquellas personas que en este proceso me compartieron de su consejo, conocimiento y alegrías, de corazón gracias.

Índice

RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Producción de leche en zonas áridas y semiáridas	5
El ecosistema microbiano ruminal	6
Probióticos en la alimentación del rumiante.....	8
Las levaduras.....	10
Rendimiento y metabolismo de las levaduras.....	12
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre los componentes de la leche	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
General	15
Localización del área experimental y condiciones ambientales	15
Animales y su manejo	15
Tratamientos experimentales.....	16
Variables evaluadas.....	16
Análisis estadístico.....	17
RESULTDOS	17
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIÓN	20
REFERENCIAS.....	21

Lista de figuras

Figura 1. Efecto del estrés por calor y las condiciones termo-neutrales de la alimentación sobre la producción de leche de vacas Holstein (Adaptado de Rhoads *et al.*, 2007)

Figura 2. Efecto del tratamiento sobre las medias de producción de leche diaria por ordeña. El tratamiento fue con 20 g por vaca al día de levadura de células vivas agregadas a la dieta RTM (GT).

Lista de cuadros

Cuadro 1. Concentración y función de los microorganismos ruminales.

Cuadro 2. Efecto de los probióticos en la salud del rumiante.

Cuadro 3 Mecanismo de acción los probióticos en el rumen.

Lista de abreviaturas

°	Grado centígrado
%	Porcentaje
CC	Condición Corporal
CCS	Conteo de Células Somáticas
CMS	Consumo de Materia Seca
d	Día
DEL	Días En Leche
<i>Et al</i>	Colaboradores
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations - Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
FASS	Faculty of Agricultural Social Sciences – Facultad de Agricultura y Ciencias Sociales
g.	Gramos
GCM	Grupo Control Multíparas
GRASS	Generally Recognized as Safe – Generalmente Reconocido como Seguro
GTM	Grupo Tratamiento Multíparas
h	Horas
H ₂	Hidrógeno
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrógeno
ITH	Índice de Temperatura Humedad
Kg	Kilogramos
LN	Latitud Norte
LO	Latitud Oriente
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mOsm	Miliosmoles por litro
MS	Materia Seca
msnm	Metros Sobre Nivel del Mar
O ₂	Oxígeno
pH	Potencial de Hidrógeno
RTM	Ración Total Mezclada
SADER	Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, pesca y alimentación
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SNG	Sólidos No Grasos
ST	Sólidos Totales

RESUMEN

EFFECTO DE UN CULTIVO DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN

Mariana Barragán Arrañaga

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Oscar Ángel García

El objetivo de este estudio fue evaluar si la suplementación de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) mejora la productividad de leche de vacas Holstein lactantes. A un primer grupo de vacas primíparas (n=147) se le añadió 14 gr. de un cultivo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Celtic Engage; Celtic Holland®, México) a la dieta, mientras que el segundo grupo (GCP; n=132) no recibió ningún tipo de suplementación. La levadura añadida al GTP fue suministrada únicamente en la primera ración del día durante 55 días. A lo largo del periodo experimental se registró la producción de leche diaria de ambos grupos, mediante un software especializado (AFI MILK®, Israel) de uso del establo. El control de la alimentación y las raciones se utilizó un TMR Tracker®. El promedio de producción diaria de leche fue de 12.0 ± 0.2 kg ($P > 0.05$) para ambos grupos. La suplementación con la levadura *S. cerevisiae* durante 55 d no aumentó la producción de leche diaria en vacas de primera lactancia.

Palabras clave: Producción de leche, vacas Holstein, levaduras, primíparas.

ABSTRACT

EFFECT OF A YEAST (*Saccharomyces cerevisiae*) CULTURE ON MILK PRODUCTION IN HOLSTEIN COWS

Mariana Barragán Arrañoaga

Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Oscar Ángel García

The objective of this study was to evaluate whether the supplementation of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) improves the productivity of the milk of lactating Holstein cows. A first group of primiparous cows (n = 147) was added 14 gr. from a culture of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (Celtic Engage; Celtic Holland®, Mexico) to the diet, while the second group (GCP; n = 132) did not receive any type of supplementation. Yeast added to GTP was supplied only in the first ration of the day for 55 days. Throughout the experimental period, the daily milk production of both groups was recorded using specialized software (AFI MILK®, Israel) used in the barn. The control of the feeding and the rations was used a TMR Tracker®. The average daily milk production was 12.0 ± 0.2 kg ($P > 0.05$) for both groups. Supplementation with yeast *S. cerevisiae* for 55 d did not increase daily milk production in first lactation cows.

Keywords: Milk production, Holstein cows, yeast, primiparous

INTRODUCCIÓN

La industria lechera ha logrado mejoras impresionantes en la producción de leche a través de avances continuos en genética, nutrición, salud y manejo. A nivel mundial, en la última década la producción de leche ha aumentado en más de un 20%, de 694 millones de toneladas en 2008 (FAO, 2010) a 843 millones de toneladas en 2018 (FAO, 2019). Las estrategias para superar la brecha entre la producción y la demanda de productos lácteos son diferentes según la región geográfica. En las regiones menos industrializadas, es probable que se haga hincapié en mejorar la producción de leche, mientras que en áreas con sistemas de producción altamente intensificados, es probable que el énfasis se ponga progresivamente más en la reducción del impacto ambiental y la mejora de la rentabilidad a través de la mejora de la eficiencia de la producción de leche, que en el aumento de la producción de leche (Bach *et al.*, 2020).

El mercado mundial de la producción de leche se encuentra dividido por dos grupos, el primero es el de países altamente desarrollados (Estados Unidos, la India y China) y por otra parte los países con bajos costos en su producción (Argentina, Nueva Zelanda y Uruguay), que sus condiciones climáticas se ven muy favorecidas para las vacas destinadas a la producción de leche (Loera y Banda, 2017).

Dentro de los principales países productores de leche en el mundo, se encuentra México, ya que tres de cada cien litros que se producen mundialmente son de origen mexicano, colocándose así en la posición número 16. Datos presentados por la Secretaria de Hacienda y Crédito público (SHCP) y de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2014), mostraron que del año 2007 al 2012, las importaciones de leche alcanzaron los 2,000 millones de litros anuales (alrededor de un 20% de la producción nacional) con crecimiento anual de 5.1% y las exportaciones de leche se encuentran entre los 160 millones de litros anuales (Loera y Banda, 2017).

La principal cuenca productora de leche de México se encuentra en la Comarca Lagunera, al noreste del país, con un clima cálido y árido. En esta región existen cerca de 800 explotaciones (empresarial o familiar) con hatos ganaderos de

diversos tamaños y grado tecnológico, siendo el sector empresarial quien contribuye con el 95% de la producción regional, caracterizada por un alto nivel tecnológico en donde las lactancias van desde los 8,500 litros hasta los 12,200 litros por vaca por año, con estándares internacionales de calidad (El economista, 2017). Sin embargo, esta área agroecológica lleva consigo periodos prolongados de alta temperatura ambiente e intensa radiación solar, lo cual repercute directamente en la salud de las vacas y problemas reproductivos como la reducción de la fertilidad y otros problemas del manejo nutricional de estos grandes rebaños lecheros de alto rendimiento que operan en esta área (Sepúlveda, 2009).

Debido a la alta demanda de la producción de leche por el crecimiento anual de la población y la necesidad de los agricultores de productos nutricionales que maximicen la producción de leche sin dejar atrás la salud y bienestar del animal, han surgido diferentes estrategias de manipulación ruminal para mejorar la productividad, una alternativa potencial es la alimentación con probióticos (Radzikowski, 2017).

Los probióticos son microorganismos que se administran en cantidades óptimas para producir un beneficio directo a la salud del huésped. Los probióticos pueden ser *Lactobacillus spp.* que son bacterias productoras de ácido láctico y otros microorganismos que tienen efectos benéficos como son las levaduras *Saccharomyces* y *Aspergillus* (Rai *et al.*, 2013).

Diversos estudios clínicos que utilizaron probióticos encontraron que mejoran el crecimiento de muchos animales domésticos como las vacas, terneros, lechones y pollos de engorde, donde se ha encontrado que principalmente *Saccharomyces cerevisiae* mejora la fermentación ruminal (Seo *et al.*, 2010, Rautray *et al.*, 2011). Los productos a base de *S. cerevisiae* se adicionan a las dietas del ganado lechero debido a su efecto modulador del pH ruminal y la digestibilidad de los nutrientes. Lo cual, concuerda con Kudrna *et al.*, (2009), que suplementó cultivos de levadura en el ganado y la producción de leche mejoró significativamente.

Las levaduras aumentan la producción y componentes de la leche, mejoran la eficiencia de la utilización del alimento por parte de las vacas lecheras (Dias *et al.*,

2018), además de una mejor digestión de fibra y la estabilización del pH ruminal (Meller *et al.*, 2014). Este tipo de aditivos alimentarios se han utilizado en la industria láctea durante más de 20 años con eficacia variable. Aunque varios estudios han observado un aumento de la producción de leche con suplementos de levadura viva en vacas lecheras lactantes, no se observó el mismo efecto en otros (Jiang *et al.*, 2017).

La respuesta productiva a la inclusión de levaduras parece depender de varios factores, como la etapa de lactancia, el tipo de forraje alimentado, la estrategia de alimentación y la proporción de forraje – concentrado. Por tales evidencias encontradas, nos planteamos la hipótesis de que la suplementación de un cultivo de levadura aumentará la producción de leche de vacas Holstein. Por lo cual el objetivo del presente estudio fue evaluar la adición de un cultivo de levadura *S.cerevisiae* sobre los parámetros de producción de leche de vacas Holstein Friesian primíparas.

Objetivo

Evaluar el posible efecto de la suplementación de un cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* para promover una mayor producción de leche en vacas Holstein primíparas.

Hipótesis

La suplementación de un cultivo de levadura aumentará la producción de leche en vacas Holstein.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción de leche en zonas áridas y semiáridas

La producción de leche en el mundo ha tenido un aumento considerable (Oltenucu y Algers, 2005) debido al crecimiento de la población. Por tal motivo surgieron diferentes iniciativas para aumentar la productividad de las explotaciones lecheras, como la mejora de calidad de los piensos, tecnología en la ordeña y la selección de animales con una genética en producción de leche (Silva *et al.*, 2018).

Durante los últimos años el sector ganadero en México ha crecido a un ritmo aproximado de 4% anual (SAGARPA, 2006), contribuyendo entre el 21% y el 24% del PIB agropecuario nacional. En el caso de la ganadería de la Comarca Lagunera, la rama productora de leche se observa que incrementó 27.99%, pero este incremento no solo fue en el número de animales, sino también en la productividad por animal (Flores *et al.*, 2013). Esto a pesar de ser una zona árida, con altas temperaturas ambientales durante las temporadas de verano que pueden durar hasta 6 meses con temperaturas superiores a los 30° C (Avendaño-Reyes, 2012a).

Siendo el estrés por calor uno de los retos a los que se enfrenta la ganadería lechera en la Laguna. Cuando se sobrepasan los 28°C las vacas lactantes disminuyen la ingesta de alimento, la producción, grasa y proteína de la leche, así como la tasa de fertilidad, por otra parte, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal tienen un aumento significativo (West, 2003).

Durante el estrés por calor, la reducción en el consumo de alimento es la primera causa de la disminución en la producción de leche, ya que las vacas entran en un estado de balance energético negativo (Wheelock *et al.*, 2010). Un estudio que nos permite comprender más este fenómeno es el realizado por Rhoads *et al.* (2009), que utilizaron un grupo de vacas lecheras a mitad de lactancia y se sometieron a un ITH de 80 unidades por 16 horas al día durante 9 días (estrés por calor cíclico) y otro grupo con un ITH de 64 unidades durante 24 horas (constantes). La alimentación de las vacas fue por parejas para que la ingesta de nutrientes fuera similar; como resultado las vacas con estrés calórico mostraron una reducción de 5

kg/d en el consumo de materia seca (CMS), la producción de leche se redujo en 14 kg/d, disminuyendo rápidamente en los primeros 7 días y luego asentarse (Figura 1).

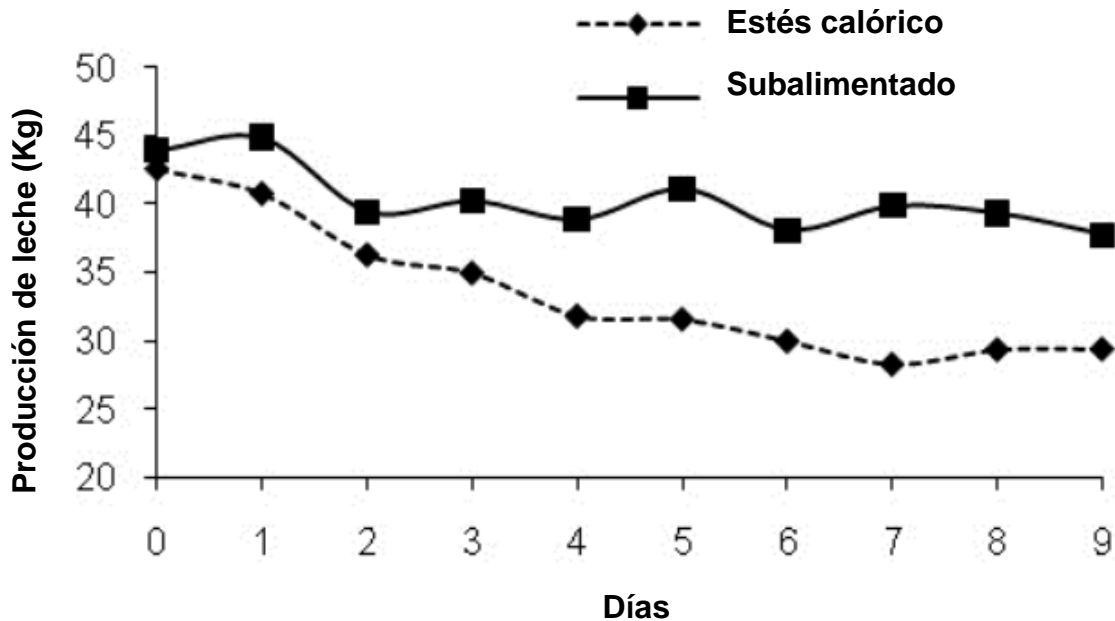


Figura 1. Efecto del estrés por calor y las condiciones termo-neutrales de la alimentación sobre la producción de leche de vacas Holstein (Adaptado de Rhoads *et al.*, 2007)

Estos resultados indican que la disminución en el CMS representa alrededor del 40 a 50% de la baja en producción de leche cuando el ganado está bajo estrés por calor.

El ecosistema microbiano ruminal

El rumen es una cámara de fermentación donde se concentra un ecosistema microbiano compuesto por bacterias, protozoos, arqueas, hongos y bacteriófagos (Cuadro 1), que se digieren anaerómicamente y trabajan en simbiosis, creando una relación dinámica para convertir el alimento en energía y proteínas (Lean *et al.*, 2014).

Los microorganismos ruminales pueden modificar su respuesta de acuerdo con la dieta (Aschenbach *et al.*, 2011), donde estos pueden verse favorecidos o afectados

dependiendo de los diferentes sustratos del alimento. Las bacterias dominantes son phyla Bacteroidetes y Firmicutes, que representan aproximadamente 80 a 95% de las secuencias bacterianas. También existen otros tipos de bacterias, en menos proporción, pero de misma importancia (Lean *et al.*, 2014).

Existen factores que influyen en el crecimiento y actividad de las poblaciones microbianas ruminales como lo son la temperatura, el pH, la capacidad amortiguadora, la presión osmótica y el potencial redox (Castillo-López y Domínguez, 2019). La temperatura del rumen va desde los 39 a 39.5°C, elevándose hasta 41°C cuando el animal come, ya que el proceso de fermentación genera calor (Wahrmud *et al.*, 2012). El pH y la capacidad amortiguadora dependen de la producción de saliva, el tipo y nivel de ingesta de alimento, el intercambio de bicarbonatos y fosfatos a través del epitelio ruminal (Aschenbach *et al.*, 2011). El pH cambia constantemente, pero permanece generalmente en un rango de 5.5 a 7.0 (Krause y Oetzel, 2006). La presión osmótica depende de la presencia de iones y moléculas que generan gas (Lodemann y Martens, 2006). La osmolaridad del líquido ruminal es de 250 mOsm/kg, pero los procesos de fermentación ruminal pueden depender de las condiciones ambientales y del tipo de dieta, por lo que puede influir en la presión osmótica del rumen, por ejemplo, después de la ingesta del alimento hay un aumento de 350 a 400 mOsm y comienza a disminuir en un periodo de 8 a 10 horas (Castillo-González, 2014).

Cuadro 1. Concentración y función de los microorganismos ruminales		
Microorganismo	Número	Función en el rumen
Bacterias	10 ¹⁰ células/mL	Fermentar/degradar sustratos y reproducirse.
Protozoarios	10 ⁵ –10 ⁶ células/mL	Fermentar/degradar sustratos, engullir almidón, bacterias y partículas, reproducirse.
Arqueas	10 ⁷ –10 ⁹ células/mL	Metabolizar el hidrógeno.
Hongos	10 ³ –10 ⁵ zoosporas/mL	Fuente de enzimas celulolíticas. Degradación y digestión de fibra.

Bacteriófagos	$10^8 - 10^9$ células/mL	Infectar bacterias
---------------	--------------------------	--------------------

Tomado de Lean *et al* (2014).

La capacidad de los microorganismos ruminales para producir enzimas necesarias para el proceso de fermentación permite a la vaca obtener de manera eficiente la energía contenida en los forrajes (Burns, 2008). Según el sustrato, las bacterias del rumen se pueden clasificar como microbios celulolíticos, proteolíticos, lipolíticos o fermentadores de aminoácidos (Firkins y Yu, 2015).

Probióticos en la alimentación del rumiante

El uso de microorganismos vivos como aditivos se ha utilizado durante muchos años (Diaz *et al.*, 2015). Cada vez los productores buscan alternativas para aumentar la producción y calidad de leche. Los probióticos se utilizan comúnmente para mejorar las poblaciones de la flora gastrointestinal, de manera que se mejora la salud y el rendimiento de los animales, mejorando la síntesis proteica, la producción y los componentes de la leche (Uyeno *et al.*, 2015).

Los probióticos son considerados como microorganismos generalmente reconocidos como seguros (GRAS; por sus siglas en inglés) por la FDA (2010). Esta clasificación tiene como características que no son tóxicos, no se absorben en el tracto digestivo, por lo cual, no dejan residuos en los tejidos o subproductos de los animales, la dosificación es mínima, tienen la capacidad de proliferar *in vivo* e *in vitro*, promueven el crecimiento de bacterias benéficas y no son mutagénicos (Casas - Rodríguez, 2018) por lo que se aprueba su uso como aditivo alimentario (Boyle *et al.*, 2006, Coenen, 2000).

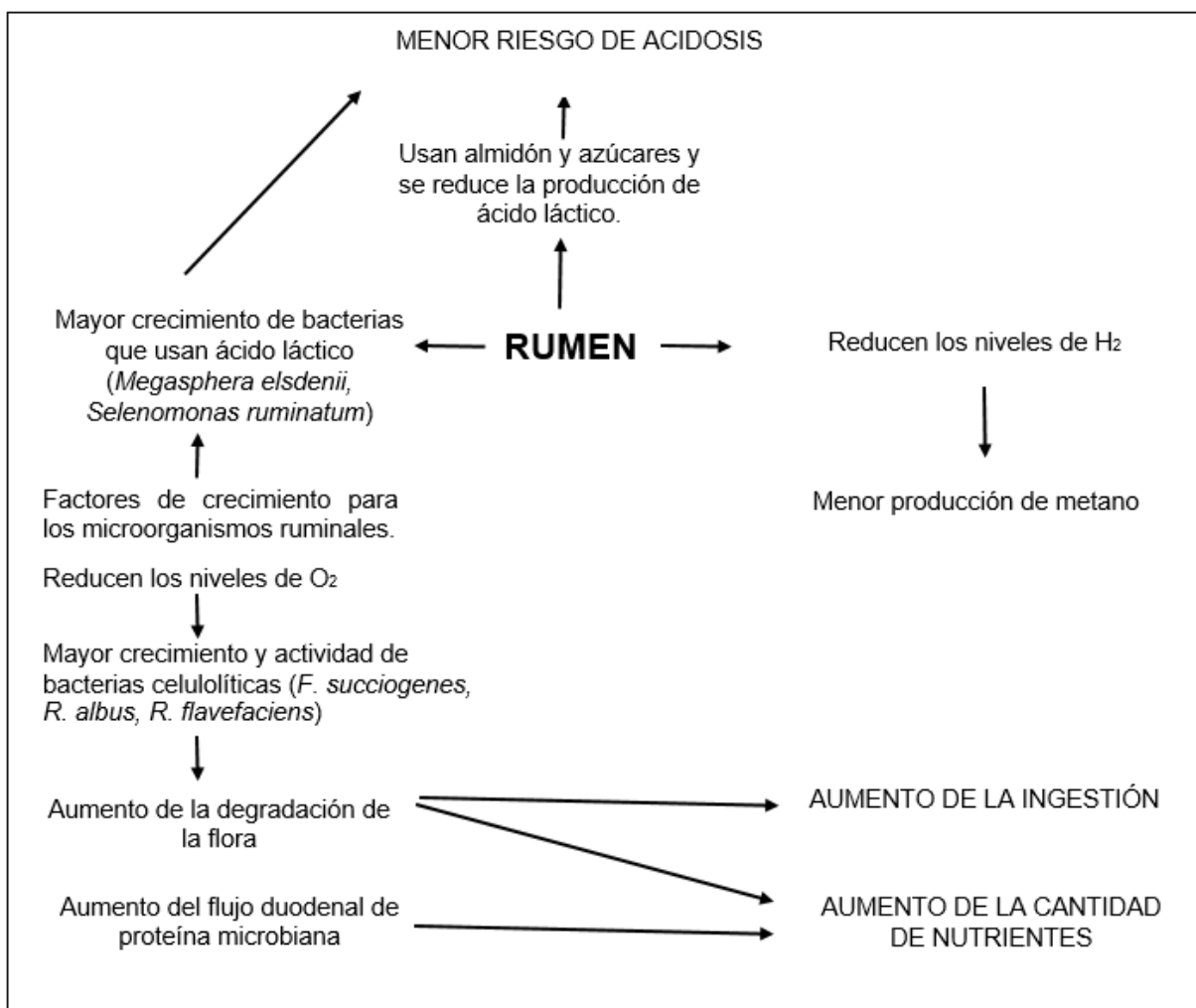
Se han propuesto varios mecanismos de acción de los probióticos: la reducción del pH intestinal, debido a que los probióticos generan ácidos que evitan la proliferación de patógenos, alterando el metabolismo microbiano y del hospedador, mediante la estimulación de la respuesta inmunitaria (Caja *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Efecto de los probióticos en el rumiante

Efectos	Mecanismos
Acción hipocolesterolémica	Generación o producción de ácidos grasos de cadena corta que inhiben la enzima HMG-CoA-reductasa
	Inhibición de micelas de colesterol
	Aumento de las sales biliares desconjugadas
Supresión de microorganismos patógenos	Producción de sustancias antimicrobianas: ácidos orgánicos, H ₂ O ₂ , bacteriocinas
	Competencia por nutrientes
	Competencia por sitios de adhesión
Alteración del metabolismo microbiano y del hospedador	Estimulación o producción de enzimas que intervienen en la digestión
	Reducen la producción de sustancias tóxicas
Estimulación de la respuesta inmunitaria del hospedador	Activación de macrófagos
	Estimulación de células inmunes o competentes
	Generan altos niveles de inmunoglobulinas

Hassan *et al.* (2001), Señalan que, el efecto benéfico de los probióticos se centran en la exclusión competitiva de bacterias nocivas, ya sea por competencia de nutrientes, por sitios de fijación en el intestino o por aumento de la respuesta inmune del hospedero y por aportes benéficos al proceso digestivo del hospedero, a través de aportes de macro y micronutrientes para el hospedero o aporte de enzimas digestivas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mecanismo de acción los probióticos en el rumen.



Fuente: Carro, 2014.

Las levaduras

Son un grupo diverso de hongos unicelulares en las cuales las fases telomorfas o sexuales de división celular se dan por gemación (Kurtzman, 1994). La estructura celular de las levaduras es de tipo eucarótico pero sin un sistema fotosintético, poseen pared rígida que se caracteriza por la presencia en su composición de polisacáridos: manano y glucano. Estos polisacáridos no sólo interactúan directamente con las células inmunes, sino que también se unen a las bacterias para evitar la adhesión y colonización de patógenos en el tracto gastrointestinal (Broadway *et al.*, 2015). Estudios han mostrado que los componentes de la pared

celular de *S. cerevisiae* promueven la liberación de citosinas de los macrófagos (Majtán *et al.*, 2005), y están involucrados en la modulación de células de la inmunidad (Medzhitov y Janeway, 2000).

Las levaduras obtienen la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa. Contiene un alto valor proteico (40-45%), entre otros componentes que le enriquecen como suplemento alimenticio para rumiantes que puede mejorar el ambiente ruminal (Suárez-Machín *et al.*, 2017).

Dawson (1987), menciona que la suplementación de cultivos de levadura en el rumen afecta el patrón original y los productos finales de la fermentación. Esto ocurre debido a que los cultivos de levaduras afectan la tasa de fermentación, la renovación y la energía disponible para estos microorganismos. Se da el intercambio de iones hidrógeno en el rumen por lo que se aumenta la acumulación de metano, además de estimular la formulación de ácido propiónico mejorando la eficiencia de la fermentación y el metabolismo de los carbohidratos, lo cual conduce al animal a un mayor consumo de alimento (Suárez-Machín *et al.*, 2017).

Durante el proceso de crecimiento y fermentación, las levaduras metabolizan los componentes del medio de crecimiento. Alteran considerablemente el pH del medio a la alcalinidad, produciendo efectos represivos de los metabolitos generados en el medio (Aghdamshahriar *et al.*, 2006). Si se mantiene constante el pH del medio de crecimiento, los porcentajes de síntesis de proteínas son altos y se mantiene la actividad mitocondrial de las levaduras.

Estos microorganismos ejercen efectos biológicos a través de un fenómeno conocido como resistencia a la colonización, por el cual la flora anaeróbica autóctona limita la concentración y la flora potencialmente patógena en el tracto digestivo. Otros modos de acción, como suministrar enzimas o influir en la actividad enzimática en el tracto gastrointestinal, también pueden explicar algunos de los otros efectos fisiológicos que se han atribuido a las levaduras (Chow, 2002).

Además, las levaduras constituyen una importante fuente para la obtención de productos con actividad probiótica, ya sea con cepas vivas o utilizando sus

derivados a partir de sus paredes celulares, las cuales han manifestado una comprobada actividad inmunoestimulante, así como mejoras en los procesos de la fisiología digestiva, contribuyendo a obtener mejores resultados productivos (Morales, 2004).

Estudios han mostrado que existe una diferencia entre las diferentes cepas de levadura, algunas con más capacidad que otras para alterar las tasas de digestión de celulosa por cepas específicas de bacterias ruminales. También se ha encontrado que los cultivos de levadura favorecen la modificación del ambiente del rumen, estimulando la producción de bacterias digestivas de fibra como lo son *Ruminococcus albus*, *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Fibrobacter succinogens* (ElHassan *et al.*, 1993; Khattab *et al.*, 2003).

Rendimiento y metabolismo de las levaduras

La suplementación con levaduras en la dieta se ha asociado con un mayor potencial de afectar el consumo de materia seca (MS), el pH ruminal y la digestión de nutrientes. Un metaanálisis (Duffield *et al.*, 2008) indicó el desempeño productivo de las levaduras, demostrando que poseen un efecto de estimulación de crecimiento de cultivos puros de bacterias celulolíticas, que estimulan el crecimiento de bacterias del ácido láctico disminuyendo la acumulación de lactato y el aumento del flujo de proteínas microbianas al duodeno, generando una mayor síntesis microbiana en el rumen. Este entorno ruminal mejorado puede conducir a una mayor eficiencia alimentaria del ganado (Hristov *et al.*, 2010).

Kumar *et al.* (1997), al añadir a las dietas cultivos de levadura, observaron poblaciones bacterianas elevadas en el rumen y una alteración en la producción de ácidos grasos, específicamente las concentraciones de bacterias celulolíticas y amilolíticas aumentaron en el rumen, por consecuente se aumenta la relación acetato – propionato en animales suplementados con *S. cerevisiae*. Wohlt *et al.* (1998), publicaron aumentos en la digestión de proteínas y en la producción de leche de vacas en el periodo de lactancia temprana. Lo cual coincide con los resultados obtenidos por otros autores (Dann *et al.*, 2000), donde también hubo

aumentos en la producción de leche y el consumo de MS, lo que permitió que el pico de producción fuera más rápido y con una duración más larga.

Otros estudios sugieren que la provisión de *S. cerevisiae*, puede tener el potencial de modificar los patrones de comportamiento de la alimentación de las vacas lecheras. Bach *et al.* (2007), suplementaron con levadura seca activa un grupo de vacas lactantes y no solo hubo mejoras en el pH ruminal, sino que también afectó el comportamiento alimentario de las vacas. Las vacas que recibieron la suplementación tuvieron un intervalo más corto entre comidas (3.32 h) que las vacas sin suplementar (4.03 h), lo que sugiere que comieron con mayor frecuencia. Se podría plantear la hipótesis de que la mayor digestibilidad de la fibra típicamente asociada con la suplementación con la levadura viva puede ayudar a maximizar el paso del alimento y por lo tanto, aumentar el apetito y consumo de alimento. Los mismos resultados han sido obtenidos por otros investigadores en el ganado de carne, un aumento en la frecuencia de consumo de alimento (Loncke *et al.*, 2012).

Además de los anteriores efectos de mejora en la salud animal y la reducción de enfermedades, las levaduras también mejoran el rendimiento y el metabolismo durante eventos que causen estrés. Un ejemplo de ello fue la investigación realizada por Duff y Galyean (2007), donde encontraron que hubo aumento en el rendimiento del ganado en el grupo suplementado con la levadura expuesta a enfermedades respiratorias bovinas. Un gran número de estudios demuestran que el uso de *S. cerevisiae* mejoró la ingesta y producción de leche, aun cuando las condiciones climáticas no eran las óptimas, el ganado estaba expuesto a estrés por calor (Arambel y Kent 1990, Huber 1998, Schingoethe *et al.*, 2004).

Saccharomyces cerevisiae sobre los componentes de la leche

La leche de vaca se compone por agua (87.7%), proteínas (3.3%), grasas (3.4%), lactosa (4.9%), minerales, vitaminas y glóbulos blancos (0.7%). Con el objetivo de ofrecer productos lácteos de calidad, desde hace más de 25 años se trabaja ajustando el valor nutricional para su adaptación a los requerimientos dietéticos, por

lo que se han establecido mejoras en la fabricación y procesamiento de la leche (Haug *et al.*, 2007).

Los avances obtenidos para la alteración de la composición láctea provienen de cambios dietéticos en la alimentación de las vacas, que además de optimizar la función del rumen, también maximizan la producción y componentes de la leche, en especial los de grasa y proteína. La grasa, es el componente más sensible a los cambios de la dieta y tiene un rango de cambio de hasta casi 3.0%, mientras que en la proteína es de 0.60% unidades (Grainger y Goddard, 2007). Hay que tener en cuenta que existen diversos factores no nutricionales que tienen influencia en la composición de la leche, como la genética, el medio ambiente, estado productivo, número de lactancias, salud y confort de la vaca (Jenkins, 1998).

Basado en lo anterior, muchos estudios se han realizado pero los resultados han sido variables. Rivas *et al* (2008), evaluaron la suplementación de *S. cerevisiae* en la dieta al inicio de la lactancia sobre la producción de leche y grasa en vacas Holstein; sus resultados concluyen que, a las 6 semanas del estudio, los niveles de grasa del grupo suplementado fueron mayores al grupo control (3.55 vs. 3.20 respectivamente), concluyendo que el uso estratégico de la levadura tiene acción estimulante en el rumen, además de una mayor disponibilidad de nutrientes por la glándula mamaria.

Shwartz *et al* (2009), investigaron el efecto de un cultivo de levadura en vacas Holstein lactantes en condiciones de estrés por calor, donde los resultados muestran que esta suplementación no tuvo efecto en las variables de producción ni en los índices de calidad. Contrario al estudio anterior, Moallem *et al* (2009), evaluaron la eficiencia alimenticia y la digestibilidad de la ración de vacas suplementadas con levaduras en temporada de verano, obteniendo como resultados una mayor producción de leche y mejor rendimiento de la grasa en el grupo suplementado que en el control; concluyendo que el uso de levaduras en época de calor mejora la productividad y la eficiencia alimenticia.

MATERIALES Y MÉTODOS

General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nacional (NAM, 2002).

Localización del área experimental y condiciones ambientales

El presente estudio se realizó durante los meses de octubre a diciembre de 2019 en la Comarca Lagunera, en el Ejido “el Cambio” perteneciente al municipio de Matamoros Coahuila, al norte de México, localizado entre las coordenadas geográficas 24° 22' LN y 102° 22' LO, a una altitud de 1120 msnm. El área de estudio se caracteriza por un clima extremadamente cálido y seco, las temperaturas van desde os 23°C a 43°C en el verano y de 2°C a 9° en el invierno, una precipitación media anual de 240 mm y una humedad relativa de entre 29 a 83%.

Animales y su manejo

La investigación se realizó en un establo lechero comercial con 5,500 vacas en producción de raza Holstein-Friesian, manejadas en un sistema intensivo de producción en corral abierto. Para este estudio se utilizaron 279 vacas Holstein Friesian primíparas, con una condición corporal (CC;3.5±). Las vacas fueron alimentadas dos veces al día (0700 h y 1200 h) ofreciendo una Ración Totalmente Mixta (RTM) en base de alfalfa, ensilaje de maíz, semilla de algodón y granos secos de destilería (60% forraje y 40% concentrado) formulada para satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas lactantes con una producción de leche >37kg/día, apegándose a los lineamientos establecidos por el NRC (2001), además de tener agua y sombra a libre acceso. Las vacas se sometieron a un periodo de adaptación de 14 días, en el que se habituaron a la suplementación del cultivo de levadura. A lo largo del estudio se registró el promedio de producción diaria de leche. El estado reproductivo y de salud fue supervisado por un médico veterinario

de manera rutinaria en el establo. Durante todo el estudio se mantuvo la mecánica de corral cerrado, para un mejor control de los animales y evitar animales perdidos.

Tratamientos experimentales

Previo al inicio de los tratamientos las vacas fueron identificadas de manera individual. Se utilizaron 279 vacas primíparas, las cuales fueron divididas en dos grupos. Un primer grupo fue suplementado (n=147, Tratado) con 14 g por vaca al día de un cultivo de *S. cerevisiae* (Celtic Engage; Celtic Holland®, México), mientras que un segundo grupo (n=132, Control) no fue suplementado. El tratamiento fue administrado durante 55 días, el cual se proporcionó en la primer servida de alimento (0700 h). La cantidad del cultivo de *S. cerevisiae* se agregó al carro mezclador (MV 2800-2G Superstars®, EUA), que ya contenía los demás ingredientes de la ración, siendo el cultivo de levadura el penúltimo ingrediente agregado, dando 5 minutos (exactos) de mezclado previos al llenado de agua y volver a mezclarse por otros 4 minutos y finalmente proporcionar el alimento a las vacas.

Para un mayor control de la dosificación del cultivo de levadura, se realizó dos veces la prueba de mezclado por microtrazadores, la primera vez fue al inicio del estudio y la segunda a los 28 días. Esta prueba consiste en añadir partículas de hierro recubiertas de un colorante, a la mezcla de ingredientes de la ración, luego se toman muestras del alimento preparado, se recuperan las partículas por magnetismo y se cuentan, brindando información sobre la correcta dosificación de los aditivos, concordancia con la formulación, calidad de la mezcla y tiempo óptimo de mezclado (Arzú, 2018).

Variables evaluadas

A lo largo del periodo experimental se registró la producción diaria de leche de ambos grupos, utilizando como herramienta un software especializado (AFI MILK®, Israel) del establo. Para el control de la alimentación y las raciones se utilizó TMR Tracker®.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS. Las variables de condición corporal y la producción total fueron sometidas a un análisis de varianza utilizando el ProGLM de SAS, posteriormente cuando el ANOVA revelaba un efecto significativo los valores fueron comparados mediante una prueba de t de Student. Las diferencias fueron consideradas a ser estadísticamente significativas a un valor de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados de producción de leche se muestran en la Figura 1. La suplementación con levadura no mostro diferencias en la producción de leche diaria durante el periodo de estudio. El promedio de producción diaria general fue de 12.0 ± 0.2 kg de leche ($P > 0.05$) para ambos grupos.

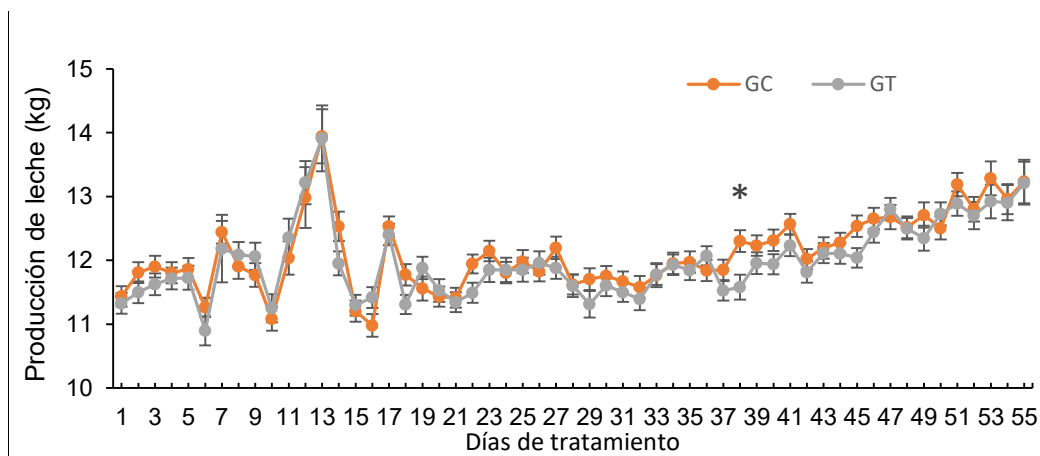


Figura 2. Efecto del tratamiento sobre las medias de producción de leche diaria por ordeña. El tratamiento fue con 20 g por vaca al día de levadura de células vivas agregadas a la dieta RTM (GT).

DISCUSIÓN

La suplementación de 14g por vaca al día durante un periodo 50 d con un cultivo de levaduras vivas de *Saccharomyces cerevisiae* no tuvo efecto sobre la producción de leche diaria en vacas primíparas.

Estos resultados son similares a los reportado en cabras lecheras suplementadas con *S. cerevisiae* que no mostraron un aumento significativo en la producción de leche (Giger-Reverdin *et al.*, 1996). Sin embargo, nuestros resultados son contrarios a los reportados por otros autores que muestran un aumento significativo asociado a la suplementación con levaduras de *S. cerevisiae* en vacas lecheras (Maaumori *et al.*, 2014; Salvati *et al.*, 2015), lo que coincide con resultados encontrados por Maaumori *et al.* (2014), en vacas suplementadas con levadura de cultivo de *S. cerevisiae* que mostraron una tendencia significativa en producción promedio diaria siendo mayor en el grupo suplementado respecto al grupo control (14.4 vs 13.3 kg/d).

Por otra parte, es probable que nuestros resultados en cuanto a la producción de leche sean diferentes a los reportados por otros autores debido al probablemente al tipo de dieta ofrecida, relación forraje-concentrado, dosis utilizadas, así como el periodo de y época de suplementación, además del número de lactancias de las vacas, lo anterior, posiblemente tuvo un efecto sobre la producción diaria de leche. En efecto, se conoce que la respuesta a los probióticos suele ser muy diferente debido a la variabilidad asociada con las dietas, los tipos y dosis de levadura utilizadas y los animales experimentales (Maamouri *et al.*, 2014), así como con el número de lactancia o estado fisiológico de los animales, días en leche, ya que la producción de leche es mayor al principio que al final de la lactancia (Majdoub - Mathlouthi *et al.*, 2009).

Respecto las dosis utilizadas en nuestro estudio fue de 14g por vaca al día. Resultados en vacas Holstein que fueron la suplementadas con 2.5 g por vaca al día de *S. cerevisiae* durante un periodo de 105 d tendieron a ser diferentes mostrando aumento de la producción diaria de leche en 1.1 kg por vaca (Maamouri *et al.*, 2014), además estos resultados coinciden con los encontrados en vacas que recibieron una suplementación de 10 g por vaca al día de levaduras vivas durante

un periodo de 70 d donde la respuesta a la producción de leche fue de $>1,3$ kg/d en las vacas suplementadas con levadura lo anterior, puede considerarse de gran magnitud en comparación con lo que se esperaría como un mérito en respuesta a este aditivo en la dieta y que una probable explicación al aumento en la producción de leche es que la vacas suplementadas tuvieron una mayor concentración de glucosa sanguínea, lo que se traduce en mayor síntesis de lactosa, lo que resulta en una respuesta positiva para la producción de leche (Salvati *et al.*, 2014). Por otro lado, Desnoyers *et al.* (2009), en un metaanálisis sobre la suplementación de *S. cerevisiae* para rumiantes, estimó una media de producción de leche en respuesta a la levadura de $+0.78$ kg /d. En el mismo sentido, resultados en cabras lecheras suplementadas con *S. cerevisiae* mostraron un aumento significativo en el promedio de producción diario de leche en comparación con el grupo control (2.38 kg / d vs 2.08 kg / d (Stall *et al.*, 2007).

Respecto al tipo de dieta, es probable que la relación forraje concentrado se aun factor que afecto los resultados en cuanto a la producción de leche. Cabe mencionar que en nuestro estudio la dieta contenía una relación de 60% de forraje y 40% de concentrado. Sin embargo, es probable que la relación forraje concentrado en la ración no ayudo a mejora la microflora ruminal, en el mismo sentido, los altos niveles de carbohidratos fermentables presentes en la dieta permiten a la levadura estabilizar el pH ruminal y estimular la microflora celulolítica (Chaucheyras-Durand y Fonty, 2002; Bach *et al.*, 2007), lo que está de acuerdo resultados de un metaanálisis por Duffield *et al.* (2008) indicaron las levaduras estimulan el crecimiento de bacterias celulolíticas, ayudando al crecimiento de bacterias del ácido láctico. Además, las levaduras son agentes activos que tienen un efecto benéfico sobre la fermentación ruminal y estos metabolitos estimulan el crecimiento bacteriano y particularmente las bacterias celulolíticas del rumen (Chaucheyras-Durand y Fonty, 2002; Maamouri *et al.*, 2014;), y cabe mencionar que aunque nuestro estudio no se mencionan los resultados en cuanto a la calidad de la leche, el efecto positivo sobre el crecimiento bacteriano se refleja favorablemente en la producción de proteína y grasa de la leche. Lo anterior, producto de la asimilación

de los nutrientes de las levaduras, ya que la suplementación con levaduras vivas aumentan la asimilación de nutrientes que promueve la colonización de los tejidos vegetales por microbios del rumen y mejora aún más la digestibilidad de la dieta (Bitencourt *et al.*, 2011; Ferraretto *et al.*, 2012).

CONCLUSIÓN

La suplementación durante un periodo 50 d con un cultivo de levaduras vivas de (*Saccharomyces cerevisiae*) no tuvo efecto sobre la producción de leche diaria en vacas primíparas.

REFERENCIAS

- Aghdamshahriar, H., Nazer-Adl, K. y Ahmadzadeh, A. R. (s/f). The effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in replacement with fish meal and poultry by – product protein in broiler diets. *Cabi.org*. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de <https://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-association/WPSA-italy-2006/10390.pdf>
- Aschenbach, J. R., Penner, G. B., Stumpff, F. y Gäbel, G. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1092–1107.
- Arambel, M. J. y Kent, B. A. (1990). Effect of yeast culture on nutrient digestibility and milk yield response in early- to midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 73(6), 1560–1563.
- Arzú R. L. E. (2018). *Biblioteca Digital Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6218>
- Avendaño-Reyes, L. (2012). Heat stress management for milk production in arid zones. En N. Chaiyabutr (Ed.), *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. InTech.
- Bach, A., Iglesias, C. y Devant, M. (2007). Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, 136(1–2), 146–153.
- Bach, A., Terré, M. y Vidal, M. (2020). Symposium review: Decomposing efficiency of milk production and maximizing profit. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5709–5725.
- Bitencourt, L. L., Silva, J. R. M., Oliveira, B. M. L. de, Dias Júnior, G. S., Lopes, F., Siécola Júnior, S., Zacaroni, O. de F. y Pereira, M. N. (2011). Diet digestibility and performance of dairy cows supplemented with live yeast. *Scientia Agricola*, 68(3), 301–307.
- Boyle, R. J., Robins-Browne, R. M. y Tang, M. L. K. (2006). Probiotic use in clinical practice: what are the risks? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1256–1264; quiz 1446–1447.

- Broadway, P. R., Carroll, J. A. y Sanchez, N. C. B. (2015). Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: A review (†),(‡). *Microorganisms*, 3(3), 417–427.
- Burns, J. C. (2008). ASAS Centennial Paper: utilization of pasture and forages by ruminants: a historical perspective. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3647–3663.
- Callaway, E. S. y Martin, S. A. (1997). Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *Journal of Dairy Science*, 80(9), 2035–2044.
- Casas Rodríguez, S. (2018). *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*: estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal. Artículo de revisión. *Revista de producción animal*, 30(2), 1–8.
- Castillo-González, A. R., Burrola-Barraza, M. E., Domínguez-Viveros, J. y Chávez-Martínez, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3), 349–361.
- Castillo-López, E. y Domínguez, M. G. (2019). Factors that affect the ruminal microbial composition and methods to determine microbial protein yield. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(1), 120–148.
- Chaucheyras-Durand, F., y Fonty, G. (2002). Influence of a probiotic yeast (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) on microbial colonization and fermentations in the Rumen of newborn lambs. *Microbial ecology in health and disease*, 14(1), 30–36.
- Chow, J. (2002). Probiotics and prebiotics: A brief overview. *Journal of Renal Nutrition: The Official Journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*, 12(2), 76–86.
- Coenen, T. M., Bertens, A. M., de Hoog, S. C. y Verspeek-Rip, C. M. (2000). Safety evaluation of a lactase enzyme preparation derived from *Kluyveromyces lactis*. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 38(8), 671–677.
- Dann, H. M., Drackley, J. K., McCoy, G. C., Hutjens, M. F. y Garrett, J. E. (2000). Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum

intake and milk production of Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 83(1), 123–127.

Dias, J. D., Silva, R. B., Fernandes, T., Barbosa, E. F., Graças, L. E., Araujo, R. C. y Pereira, M. N. (2018). Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment. *Journal of dairy science*, 101(7), 5924-5936.

Duff, G. C. y Galyean, M. L. (2007). Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85(3), 823–840.

Duffield, T. F., Rabiee, A. R., y Lean, I. J. (2008). A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 3. Health and reproduction. *Journal of Dairy Science*, 91(6), 2328–2341.

El Hassan, S. M., Newbold, C. J. y Wallace, R. J. (1993). The effect of yeast culture on rumen fermentation: Growth of the yeast in the rumen and the requirement for viable yeast cells. *Proceedings of the British Society of Animal Production*, 1993, 175–175.

Ferraretto, L. F., Shaver, R. D. y Bertics, S. J. (2012). Effect of dietary supplementation with live-cell yeast at two dosages on lactation performance, ruminal fermentation, and total-tract nutrient digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 4017–4028.

Firkins, J. L. y Yu, Z. (2015). Ruminant Nutrition Symposium: How to use data on the rumen microbiome to improve our understanding of ruminant nutrition. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1450–1470.

Giger-Reverdin, S., Bezault, N., Sauvant, D. y Bertin, G. (1996). Effects of a probiotic yeast in lactating ruminants: interaction with dietary nitrogen level. *Animal Feed Science and Technology*, 63(1–4), 149–162.

Grainger, C. y Goddard, M. E. (2004). A review of the effects of dairy breed on feed conversion efficiency - an opportunity lost? *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 25, 77–80.

Hassan, A. N., Frank, J. F. y Shalabi, S. I. (2001). Factors affecting capsule size and production by lactic acid bacteria used as dairy starter cultures. *International Journal of Food Microbiology*, 64(1–2), 199–203.

- Haug, A., Høstmark, A. T. y Harstad, O. M. (2007). Bovine milk in human nutrition-a review. *Lipids in Health and Disease*, 6(1), 25.
- Hristov, A. N., Varga, G., Cassidy, T., Long, M., Heyler, K., Karnati, S. K. R., Corl, B., Hovde, C. J. y Yoon, I. (2010). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 682–692.
- Huber, J. T. (1998). Yeast products help cattle handle heat. *Hoard's Dairyman*, 143-367.
- Jenkins, T. C. (1998). Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 794–800.
- Jiang, Y., Ogunade, I. M., Arriola, K. G., Qi, M., Vyas, D., Staples, C. R. y Adesogan, A. T. (2017). Effects of the dose and viability of *Saccharomyces cerevisiae*. 2. Ruminal fermentation, performance of lactating dairy cows, and correlations between ruminal bacteria abundance and performance measures. *Journal of Dairy Science*, 100(10), 8102–8118.
- Khattab, H. M., Salem, F.A., Sayeda, M. M. y Nagh, H. M. (2003). Effect of Yea-Sacc, Lacto-Sacc supplementation and energy level on performance, rumen activity, some rumen activity, some blood constituents and carcass traits in growing sheep. *Egypt J Nutr Feed* 4981-989.
- Krause, K. M. y Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3–4), 215–236.
- Kudrna, V. J., Illek, M., Marounek, A. y Nguyen, N. (2009). Feeding ruminally protected methionine to pre-and postpartum dairy cows: effect on milk performance milk composition and blood parameters. *Czech J. Anim. Sci.* 54(9), 395-402.
- Kumar, U., Sareen, V.K. y Singh, S. (1997). Effect of yeast culture supplement on ruminal microbial populations and metabolism in buffalo calves fed a high roughage diet. *J. Sci. Food Agric.* 73, 231–236.
- Kurtzman, C. P. (1994). Molecular taxonomy of the yeasts. *Yeast (Chichester, England)*, 10(13), 1727–1740.

- Lean, I. J., Thompson, J. M. y Dunshea, F. R. (2014). A meta-analysis of zilpaterol and ractopamine effects on feedlot performance, carcass traits and shear strength of meat in cattle. *PloS One*, 9(12), e115904.
- Lodemann, U. y Martens, H. (2006). Effects of diet and osmotic pressure on Na⁺ transport and tissue conductance of sheep isolated rumen epithelium: Na⁺ transport in sheep rumen epithelium. *Experimental Physiology*, 91(3), 539–550.
- Loera, J. y Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(1), 419–426.
- Loncke, C., Van Nespen, I., Launay, C., Sulmont, E., Dussert, L. y Demey, V. (2012). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 supplementation on zootechnical performances and feeding behavior of dairy bull calves during growing period. *J. Anim. Sci.* 90(3), 589.
- Luis, R. F. J., Antonio, T. M. M., Miriam, T. M., José, R. T. y Rafael, C. F. (2014). Growth factors of gross value on livestock production in the region of comarca lagunera. *Abanico Veterinario*, 4(1), 38–50.
- Majtán, J., Kogan, G., Kováčová, E., Bíliková, K. y Simúth, J. (2005). Stimulation of TNF- α release by fungal cell wall polysaccharides. *Zeitschrift Für Naturforschung. C, Journal of Biosciences*, 60(11–12), 921–926.
- Medzhitov, R. y Janeway, C., Jr. (2000). Innate immunity. *The New England Journal of Medicine*, 343(5), 338–344.
- Meller, R. A., Firkins, J. L. y Gehman, A. M. (2014). Efficacy of live yeast in lactating dairy cattle. Research was supported by state and federal funds appropriated to the Ohio Agricultural Research and Development Center, The Ohio State University. *The Professional Animal Scientist*, 30(4), 413–417.
- Moallem, U., Lehrer, H., Livshitz, L., Zachut, M. y Yakoby, S. (2009). The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 343–351.
- Oltenucu, P. A. y Algers, B. (2005). Selection for increased production and the welfare of dairy cows: are new breeding goals needed? *Ambio*, 34(4–5), 311–315.

- Radzikowski, D. (2017). Effect of probiotics, prebiotics and synbiotics on the productivity and health of dairy cows and calves. *World Scientific News*, 78, 125–130.
- Rai, V. B., Yadav, B. y Lakhani, G. P. (2013). Application of probiotic and prebiotic in animals production: A review. *Environment & Ecology*, 31(2B), 873-876.
- Rautray, A. K., Patra, R. C., Sardar, K. K. y Sahoo, G. (2011). Potential of probiotics in livestock production. *EAMR*, 1(1), 20-28.
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A. y Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 1986–1997.
- Rivas, J., Díaz, T., Hahn, M. y Bastidas, P. (2008). Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción de leche al inicio de la lactancia en vacas lecheras. *Zootecnia tropical*, 26(4), 421–428.
- Salvati, G. G. S., Morais Júnior, N. N., Melo, A. C. S., Vilela, R. R., Cardoso, F. F., Aronovich, M., Pereira, R. A. N. y Pereira, M. N. (2015). Response of lactating cows to live yeast supplementation during summer. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4062–4073.
- Schingoethe, D. J., Linke, K. N., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R., Rennich, D. R. y Yoon, I. (2004). Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4178–4181.
- Seo, J. K., Kim, S.-W., Kim, M. H., Upadhaya, S. D., Kam, D. K. y Ha, J. K. (2010). Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(12), 1657–1667.
- Sepulveda, E. (2009). Effect of ambient temperature, humidity, month of insemination and semen (fresh or frozen) on reproductive performance of Holstein cows treated with rbST in northern Mexico. MS Thesis. Univ. Aut. Agric. Antonio Narro, Torreon, México.
- Shwartz, G., Rhoads, M. L., VanBaale, M. J., Rhoads, R. P. y Baumgard, L. H. (2009). Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 935–942.

- Silva, J. E. da, Barbosa, S. B. P., Abreu, B. da S., Santoro, K. R., Silva, E. C. da, Batista, Â. M. V. y Martínez, R. L. V. (2018). Effect of somatic cell count on milk yield and milk components in Holstein cows in a semi-arid climate in Brazil. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal/Brazilian journal of animal health and production*, 19(4), 391–402.
- Suárez-Machain, C. y Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. *Revisión bibliográfica. IDICA, Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 51(2), 21-30.
- Uyeno, Y., Shigemori, S. y Shimosato, T. (2015). Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and Environments*, 30(2), 126–132.
- Wahrmund, J. L., Ronchesel, J. R., Krehbiel, C. R., Goad, C. L., Trost, S. M. y Richards, C. J. (2012). Ruminal acidosis challenge impact on ruminal temperature in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 90(8), 2794–2801.
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144.
- Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., Vanbaale, M. J., Sanders, S. R. y Baumgard, L. H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 644–655.
- Wohlt, J. E., Corcione, T. T. y Zajac, P. K. (1998). Effect of yeast on feed intake and performance of cows fed diets based on corn silage during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1345–1352.